Crowbar schakelingen

Een crowbar is een beveiligingsschakeling die onmiddellijk een zekering laat springen als een voedingsspanning boven een bepaalde waarde komt. Op die manier wordt (hopelijk) voorkomen dat er schade ontstaat in uw schakeling.

Auteur: Jos Verstraten, Maastricht, Nederland
Email: verstraten-1947@outlook.com
Publicatiedatum: 21-10-2025

Achtergrondinformatie

Een vaak niet onderkend risico
Heel veel schakelingen worden gevoed uit spanningsstabilisatoren van de 78xx- en 79xx-serie. Dat is een zeer betrouwbaar systeem, maar tóch kleeft er een groot risico aan deze schakeling. In de onderstaande figuur ziet u het intern schema van een 7812. Tussen de in- en de uitgang staat slechts één transistor Q16 en één kleine weerstand R16. De uitgang staat uiteraard op een spanning van 12 V, de ingang op een hogere spanning, zoals 18 V. Als die ene transistor Q16 doorslaat, dus als er een sluiting tussen emitter en collector ontstaat, komt de ongestabiliseerde spanning van 18 V op de uitgang van de stabilisator te staan.
Het gevolg is dat uw volledige schakeling, ontworpen voor een voeding van 12 V, opeens een voedingsspanning van 18 V te verwerken krijgt. Dat kan uiteraard niet de bedoeling zijn!

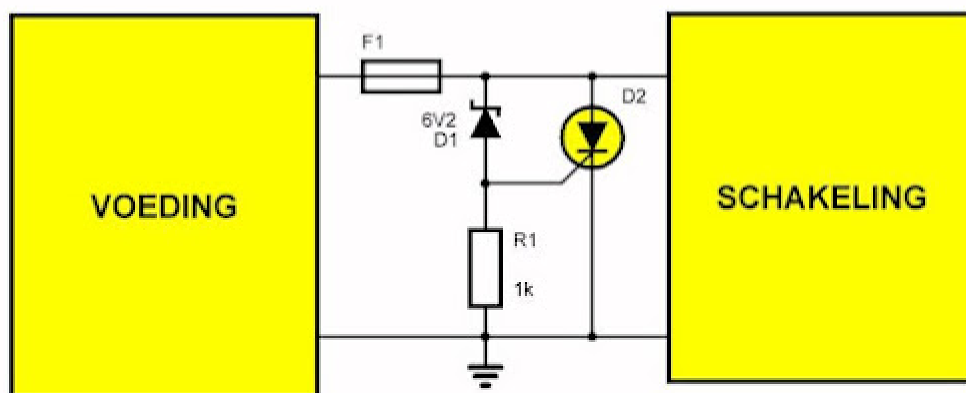
Het intern schema van een 7812 stabilisator. (© utmrl.com)

Het basisprincipe van crowbar
Het idee is eenvoudig. Als de uitgangsspanning van een voeding boven een veilige grens komt (bijvoorbeeld door een defecte spanningsregelaar), schakelt de crowbar de uitgang van de voeding kort via een thyristor of triac, waardoor een zekering in de voeding doorslaat en de voedingsspanning wordt uitgeschakeld. Uw schakeling wordt volledig spanningsloos, zodat er geen schade kan worden aangericht.

De typische opbouw van een crowbar
Een klassieke crowbar bestaat uit drie hoofdonderdelen:

- Een zenerdiode:
  Als de uitgangsspanning van de voeding boven de zenerdrempel komt, gaat de zener geleiden.
- Een thyristor:
  Wordt geactiveerd door de geleidende zenerdiode en sluit de uitgang van de voeding kort naar de massa.
- Een zekering:
  Slaat door als de thyristor de voeding kortsluit, waardoor de voeding geen spanning meer levert.

Een voorbeeld
Stel een schakeling met oude TTL-IC's die gevoed wordt uit +5 V. Met een zenerdiode D1 van 6,2 V tussen de uitgang van de voeding en de gate van de thyristor D2 zal deze gaan geleiden als de voedingsspanning hoger wordt dan 6,2 V. Het gevolg is dat de zekering F1 onmiddellijk doorslaat, waardoor de voeding voor de schakeling wegvalt.



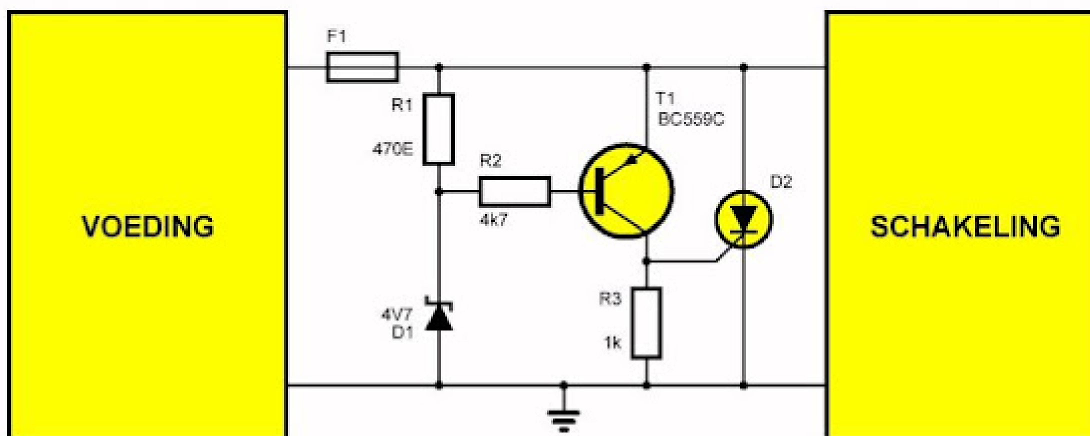
De eenvoudigste crowbar schakeling. (© 2025 Jos Verstraten)

Nadelen van deze eenvoudige schakeling
Een nadeel van deze basisschakeling is dat u de inschakelspanning niet nauwkeurig kunt instellen. Zenerdiodes zijn immers alleen verkrijgbaar met bepaalde spanningswaarden, ze hebben een relatief grote tolerantie, ze zijn temperatuursafhankelijk en de overgang tussen sperren en doorslaan is niet erg scherp. Bovendien varieert de ontsteekspanning van een thyristor sterk in functie van de temperatuur. In de meeste toepassingen zult u de inschakelspanning van het crowbar circuit nauwkeuriger moeten instellen.

Het begrip '*tripspanning*'
Bij het lezen over crowbar schakelingen zult u vaak het woord '*tripspanning*' tegenkomen. Dat is de spanning waarbij de schakeling aanspreekt en de zekering in de voedingslijn opblaast.

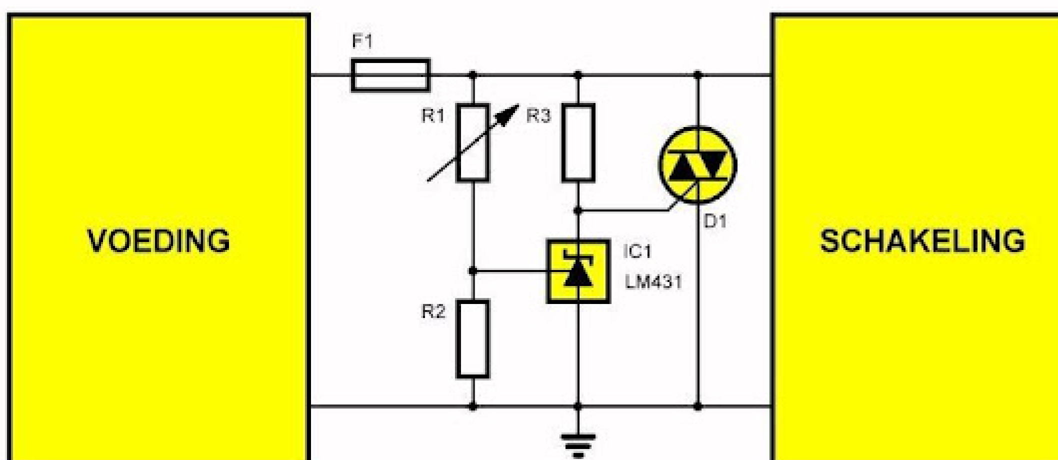
Praktische schakelingen

Crowbar met zenerdiode en transistor
In de onderstaande figuur wordt een schakeling voorgesteld waarbij het in geleiding sturen van de thyristor wordt geregeld door een transistor. De basis van de transistor T1 wordt door de zenerdiode ingesteld op een spanning van 4,7 V. De emitter is rechtstreeks verbonden met de uitgangsspanning van de voeding. Als deze kleiner blijft dan 5,2 V zal de transistor T1 niet geleiden. Over de weerstand R3 valt geen spanning en de thyristor D2 is in sper.
Gebeurt er iets in de voeding waardoor de uitgangsspanning gaat stijgen, dan neemt het spanningsverschil tussen basis en emitter toe en gaat deze halfgeleider geleiden. De voedingsspanning komt over R3 te staan met als gevolg dat de thyristor D2 in geleiding wordt gestuurd en de voeding kortsluit. De zekering F1 slaat door.



Crowbar met zenerdiode en transistor. (© 2025 Jos Verstraten)

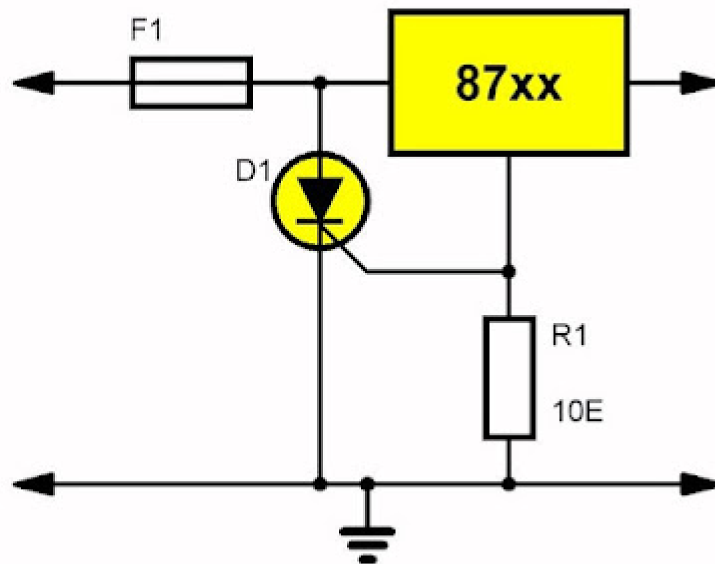
Crowbar met triac en LM431
De welbekende LM431 is bruikbaar als instelbare shuntregulator en is uitermate geschikt voor het bouwen van een nauwkeurig in te stellen crowbar schakeling. In het onderstaand schema is het principe getekend. Met de spanningsdeler R1/R2 stelt u de LM431 in. Onder normale bedrijfsomstandigheden moet de spanning over R2 iets lager zijn dan de V_{REF} van de LM431. De LM431 gaat dan heel weinig stroom geleiden en over de weerstand R3 valt nauwelijks spanning. De triac D1 blijft in sper. Als de voedingsspanning toeneemt zal de spanning over R2 V_{REF} overschrijden en zal de LM431 stroom gaan trekken. Over R3 valt spanning, de spanning op de gate-aansluiting van de triac wordt naar beneden getrokken. Op een bepaald moment wordt de triac ontstoken en sluit de te hoge voedingsspanning kort naar de massa. De zekering F1 slaat door.



Crowbar met triac en LM431. (© 2025 Jos Verstraten)

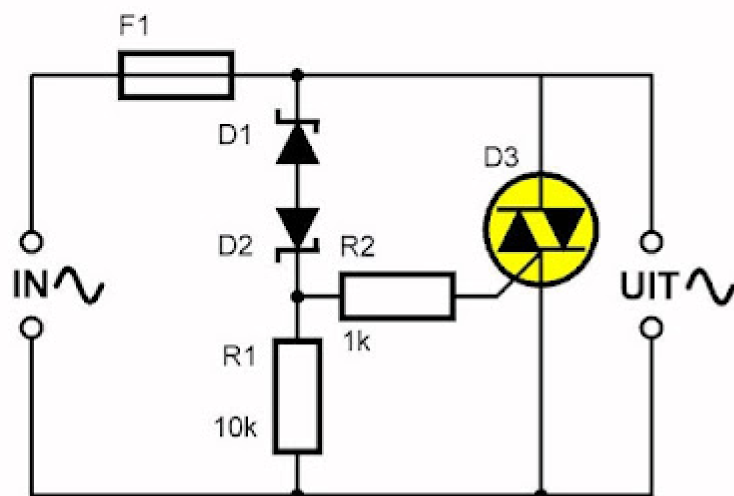
Crowbar schakeling voor 78xx stabilisatoren
De onderstaande schakeling beschermt een stabilisator uit de 78xx-familie tegen een te hoge ingangsspanning. De stroom die uit de 78xx afvloeit naar de massa is afhankelijk van de ingangsspanning van de stabilisator. Wordt deze hoger dan het IC kan verwerken, dan neemt

deze stroom opeens flink toe. Deze stroomstijging wekt over de weerstand R1 een spanning op die de thyristor D1 laat doorslaan. De waarde van de weerstand R1 moet u experimenteel bepalen. Dit systeem werkt alleen als u voor de thyristor een zeer gevoelig exemplaar gebruikt dat erg weinig gatestroom nodig heeft om te ontsteken.



Crowbar schakeling voor 78xx stabilisatoren.
(© 2025 Jos Verstraten)

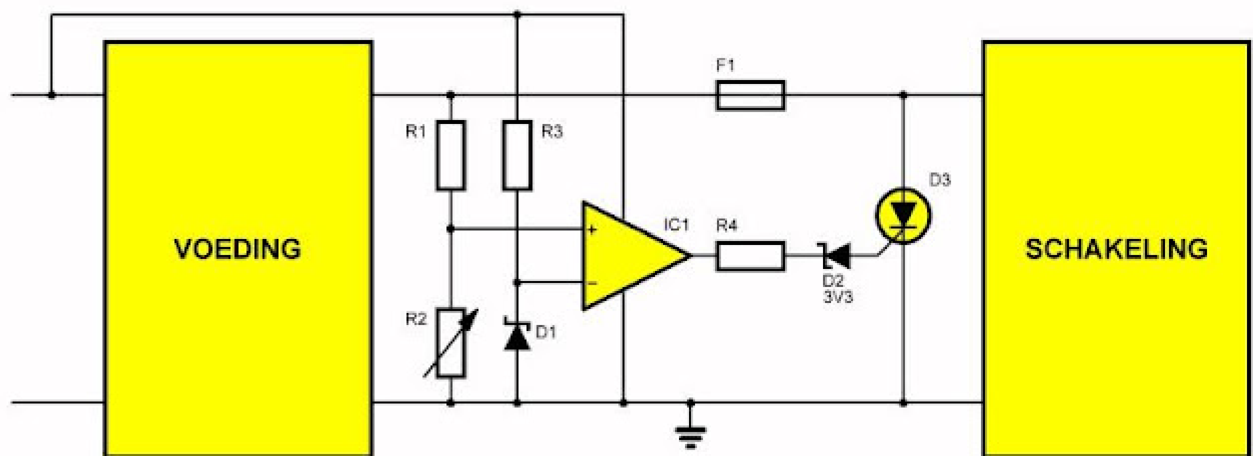
Crowbar schakeling voor wisselspanning
Op de reeds beschreven manieren kunt u ook verhinderen dat een te hoge wisselspanning ergens schade aanricht. Uiteraard moet u de thyristor dan wel vervangen door een triac die de wisselspanning waarover het gaat kan verdragen. De twee zenerdiodes D1 en D2 bepalen de tripspanning van de crowbar. Het schema is voorgesteld in de onderstaande figuur.



Crowbar schakeling voor wisselspanning. (© 2025 Jos Verstraten)

Crowbar schakeling met op-amp en thyristor
Als u de tripspanning van een crowbar heel nauwkeurig wilt instellen komt de onderstaande schakeling van pas. Een op-amp IC1 wordt geschakeld als comparator, die een referentiespanning vergelijkt met de voedingsspanning. De referentiespanning ontstaat door de zenerdiode D1, die via R3 wordt gevoed uit de ongestabiliseerde voedingsspanning. Met R2 kunt de spanning waarbij de schakeling actief wordt instellen. Als de spanning op de niet-inverterende ingang van de op-amp groter wordt dan de referentiespanning zal de uitgang van de op-amp positief worden. Via de weerstand R4 en de zenerdiode D2 wordt de gate van

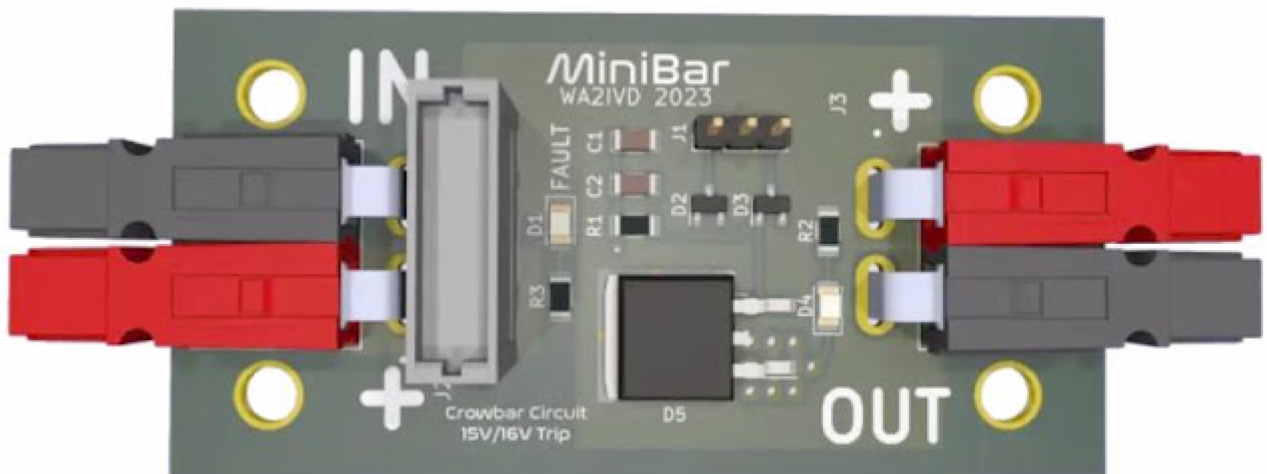
de thyristor D3 gestuurd, zodat deze halfgeleider gaat geleiden en de voedingsspanning kortsluit. De zenerdiode D2 is nodig om het eventueel niet helemaal naar nul gaan van de uitgangsspanning van de op-amp in niet-actieve toestand te compenseren.



Crowbar schakeling met op-amp en thyristor. (© 2025 Jos Verstraten)

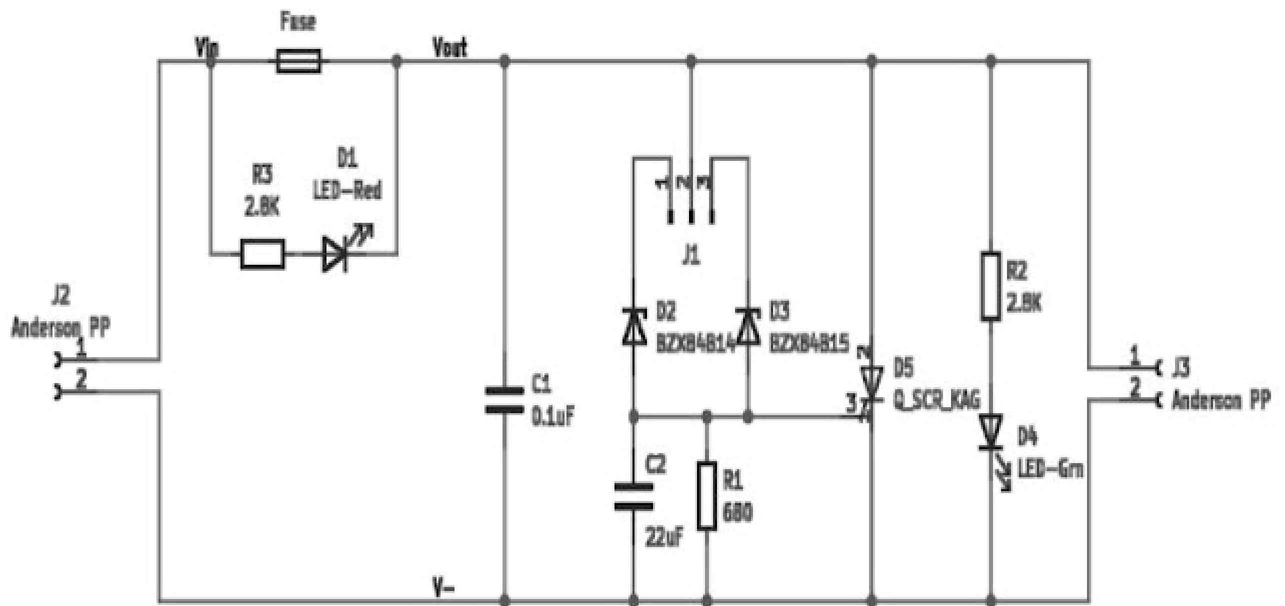
Commerciële crowbar schakelingen

De '*Mini-Bar*' van A-2-Z Tech
De '*MiniBar*' van A-2-Z Tech is een klassiek crowbar circuit voor 12 V schakelingen met een paar kleine toevoegingen. Het printje heeft een groene uitgangs-LED om aan te geven dat er spanning beschikbaar is op de uitgang. Hij heeft ook een rode storings-LED die gaat branden wanneer de ingebouwde zekering is doorgebrand.



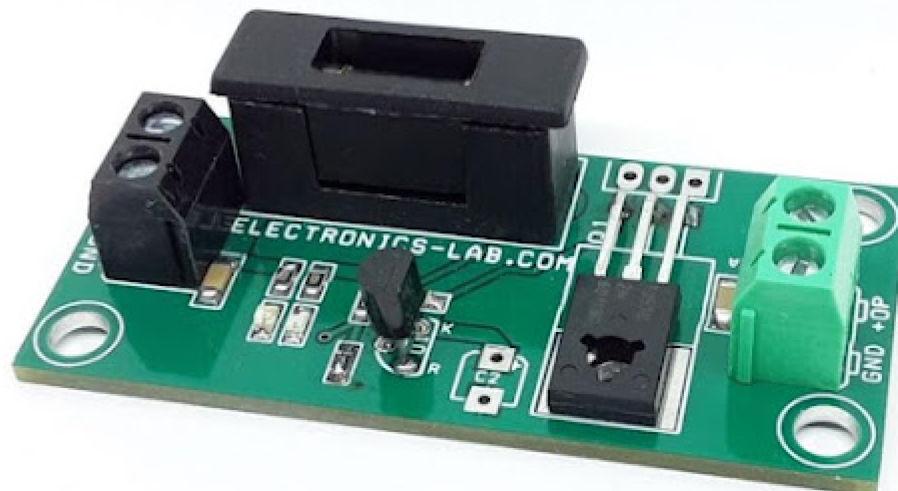
De 'Mini-Bar' van A-2-Z Tech. (© A-2-Z Tech)

In de onderstaande figuur ziet u het schema van dit printje. Via de jumper J1 kunt u een zenerdiode van 14 V of van 15 V in de stroomkring naar de gate van de thyristor schakelen. De tripspanning van het printje kunt u op deze manier op 15 V of op 16 V instellen. De toegepaste thyristor kan een piekstroom van 400 A verwerken en is in staat zekeringen tot 30 A op te blazen zonder schade op te lopen. De condensator C2 zorgt ervoor dat de thyristor niet in geleiding wordt gestuurd door korte stoorpulsen op de voeding. Weliswaar geeft deze condensator een kleine vertraging op de werking van de crowbar, maar dat schijnt minder storend te zijn dan de mogelijkheid dat de zekering al doorslaat als er een kort stoorpiekje op de voedingsspanning verschijnt.
De rode LED D1 gaat branden als de zekering doorslaat.

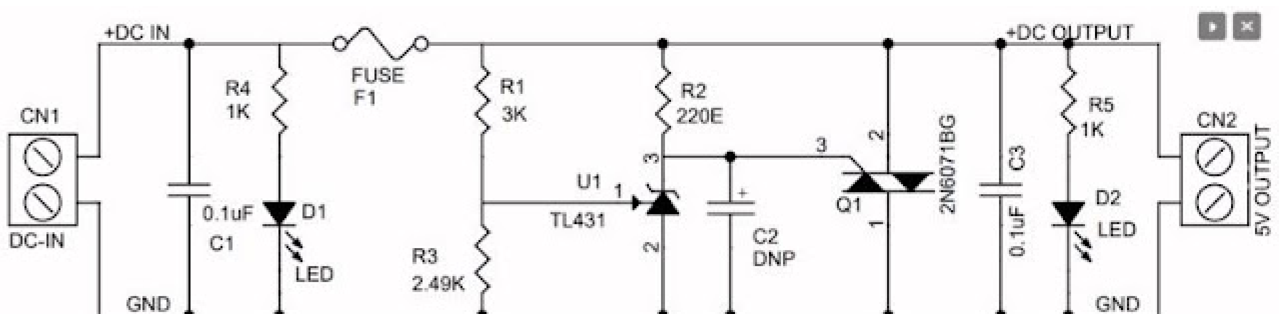


Het schema van de 'Mini-Bar'. (© A-2-Z Tech)

Crowbar circuit van Electronics-Lab
Door het Amerikaanse Electronics-Lab wordt een crowbar circuit aangeboden voor 5 V schakelingen. Zoals uit de onderstaande figuur blijkt wordt gebruik gemaakt van een TL431 om de inschakelspanning nauwkeurig op 5,55 V in te stellen. Ook bij deze praktische schakeling wordt gebruik gemaakt van een condensator C2 die moet verhinderen dat de triac Q1 doorslaat door een kleine stoorpuls op de voedingsspanning. Het printje wordt geleverd met een zekering van 500 mA.



De crowbar print van Electronics-Lab. (© Electronics-Lab)



Het schema van Electronics-Lab. (© Electronics-Lab)

Geïntegreerde crowbar oplossingen

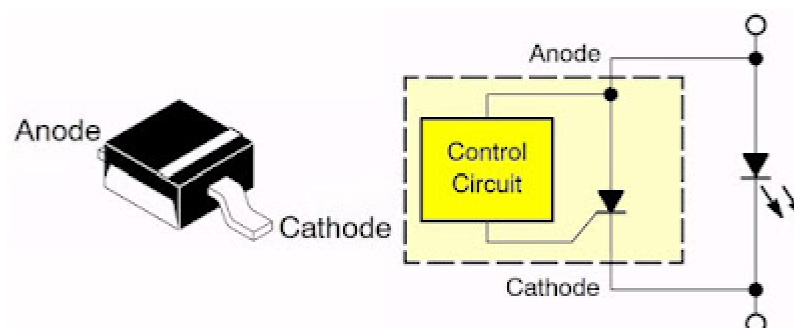
Inleiding
Wij hebben geen IC gevonden dat een volledig geïntegreerd equivalent biedt voor de tot nu toe besproken discrete schakelingen. Wél twee chipjes die u kunt gebruiken in uw crowbar schakelingen.

De NUD4700 van ONSemi
Dit IC van ON Semiconductor is speciaal ontwikkeld voor het verlengen van de levensduur van LED-lampen die zijn samengesteld uit een seriekring van identieke LED-chip's. Het voordeel van zo'n array is duidelijk: door de chip's in serie te schakelen krijgt de LED-lamp een hogere voedingsspanning, bijvoorbeeld 24 V_{dc}, en trekt dus minder stroom voor een bepaald vermogen. De lichtopbrengst is uiteraard ook groter dan bij gebruik van slecht één power-chip. Het nadeel van een dergelijke lamp is dat als één LED-chip defect raakt de seriekring wordt onderbroken en de lamp geen licht meer geeft.



Een LED-lamp met een serieschakeling van LED-chip's.
(© NICHIA)

De NUD4700 is een crowbar chip die speciaal voor dit soort lampen is ontworpen. De bedoeling is dat over iedere LED-chip van het array een NUD4700 wordt aangesloten. Het IC meet de spanning die over de LED staat. Wordt die groter dan de normale brandspanning van de LED, dan wordt een interne thyristor gestuurd en wordt de defecte LED-chip kortgesloten. De overige LED-chip's krijgen dan een iets hogere voedingsspanning, maar de lamp blijft functioneel.
Zoals uit de onderstaande afbeelding blijft zit de NUD4700 is een Powermite-457 behuizing met een lengte van 3,75 mm en een breedte van 1,90 mm.

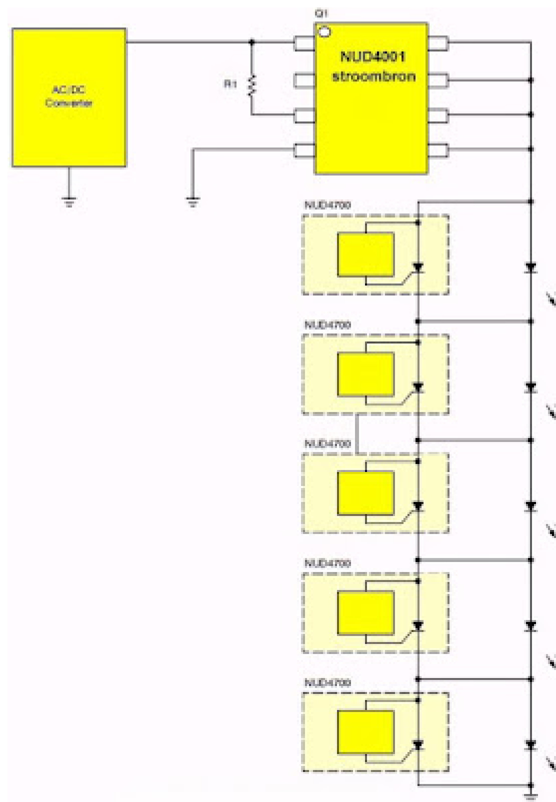


De gegevens van de NUD4700. (© OnSemi)

De voornaamste gegevens van de NUD4700:
- Tripspanning: 5,5 V ~ 7,5 V

- Spanning bij geleiding: 1,0 V ~ 1,2 V
- Lekstroom: 100 µA ~ 250 µA
- Stroom bij geleiding: 1,3 A max.
- Houdstroom: 6,0 mA ~ 12,0 mA

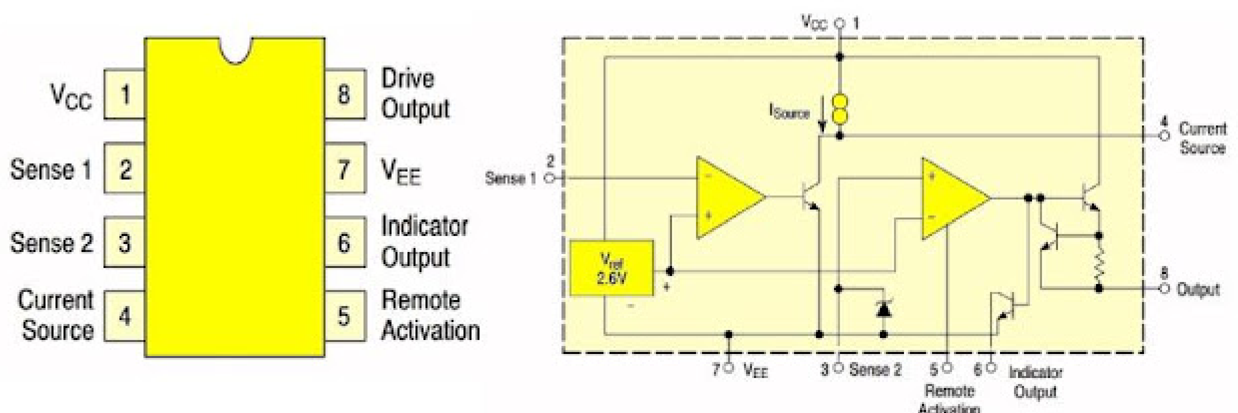
In de onderstaande figuur wordt tot slot nog een toepassingsvoorbeeld van de NUD 4700 weergegeven.



Toepassingsvoorbeeld van de NUD4700. (© OnSemi)

De MC3423 van ONSemi

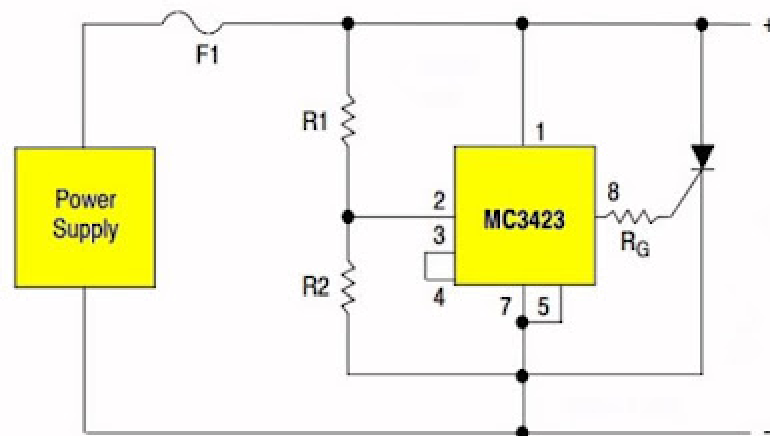
Dit IC bevat alle onderdelen die nodig zijn voor het ontsteken van de externe thyristor die de zekering moet opblazen. De tripspanning is instelbaar door middel van een eenvoudige externe weerstandsdeler. De schakeling activeert de externe thyristor als de spanning op het knooppunt van deze deler gelijk wordt aan de interne referentiespanning van 2,6 V. De uitgang op pen 8 kan een maximale stroom van 300 mA aan de gate van de thyristor leveren. De schakeling kan werken met een voedingsspanning tussen 4,5 V en 40 V. In de onderstaande figuur zijn de aansluitgegevens en het intern blokschema van de MC3423 samengevat.



Aansluitgegevens en intern blokschema van de MC3423. (© OnSemi)

In de onderstaande figuur is de minimale configuratie rond de MC3423 weergegeven, mét de

formule voor het berekenen van de tripspanning. Deze schakeling werkt zonder vertraging. Werkt u in een omgeving met veel ruis op de voedingsspanning, dan kunt u een vertraging inbouwen door een condensator aan te sluiten tussen de pennen 3/4 en de massa. Een condensator van 10 nF introduceert een vertraging van ongeveer 0,1 ms en een van 100 nF geeft 1 ms. Een decadische verhoging of verlaging van de waarde van de condensator heeft dus een decadische verhoging of verlaging van de vertragingstijd tot gevolg.



Het basisschema van de MC3423. (© OnSemi)